

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-121940

(43)Date of publication of application : 28.04.2000

(51)Int.Cl.

G02B 15/20

(21)Application number : 10-316924 (71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 20.10.1998 (72)Inventor : YOSHIDA HIROKI

(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a zoom lens of a rear focus system of a 4-group type having good optical performance over the entire variable magnification range from a wide angle end to a telephoto lens and the entire part of an object distance from an infinite object to an ultra-close object.

SOLUTION: This zoom lens has four lens groups; successively from an object side a first group L1 of positive refracting power a second group L2 of negative refracting power a third group L3 of positive refracting power and a fourth group L4 of positive refracting power and executes variable magnification by moving the second group and the third group and executes focusing by moving the fourth group. In such a case the first group has a diffraction optical element rotationally symmetrical with the optical axis. The zoom lens satisfies the conditions $3.8 < bfw/fw < 5.2$ when the air computation distance from the final lens face to the image plane at the wide angle end is defined as bfw and the focal length of the entire system at the wide angle end as fw.

CLAIMS

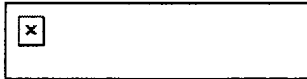
[Claim(s)]

[Claim 1]The 1st group of refracting power more positive than the object side to orderthe 2nd group of negative refracting powerthe 3rd group of positive refracting powerAnd in a zoom lens which has four lens groups of the 4th group of positive refracting powermoves this 2nd group and the 4th groupperforms variable powermoves this 4th groupand performs a focusA zoom lens when it has a diffraction optical element symmetrical with rotation to an optic axis and this 1st group is set [a focal distance of the whole system / in / for air operation distance from the last lens side in a wide angle end to the image surface / bfw and a wide angle end] to fwwherein it satisfies conditions which become $3.8 < bfw/fw < 5.2$.

[Claim 2]A zoom lens of Claim 1 satisfying conditions which become $0.31 < f4-f3 < 0.45$ when a focal distance of said i-th group is set to f_i ($i = 1, 2, 3, 4$).

[Claim 3]Claim 1wherein said diffraction optical element has positive refracting poweror 2 zoom lenses.

[Claim 4]When setting a focal distance of the whole system [in / for a focal distance of said 1st group / f_1 and a tele edge] to f_T [Equation 1]



A zoom lens of Claim 1 satisfying becoming conditions2or 3.

[Claim 5]A zoom lens of any 1 paragraph of Claim 1wherein said diffraction optical element comprises two-layer composition which comprises 1 lamination or construction material from which distribution differs mutually to 4.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention about a zoom lens by using a diffraction optical element for a part of lens system Several aberration The photographic camera and video camera with a long back focus of the grade which amends especially a chromatic aberration good and can arrange the prism for many boards a reflector etc. to lens system back And it is related with the zoom lens which attained the miniaturization of the whole lens system of a high variable power ratio by the large caliber ratio used for the camera for broadcast etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] These days in connection with small weight savings such as a home video camera the zoom lens for an image pick-up is also miniaturized. Shortening of whole length of the lens miniaturization of a front ball diameter and simplification of lens constitution are attained especially.

[0003] The so-called zoom lens of the rear focus type which moves lens groups other than the 1st group by the side of an object and performs a focus as one means to attain the miniaturization of the whole lens system is known.

[0004] Generally compared with the zoom lens which the zoom lens of a rear focus type moves the 1st group and performs a focus the effective diameter of the 1st group becomes small The miniaturization of the whole lens system becomes easy and there are the features like close photographing especially since close photographing becomes very easy and it is carrying out by moving a further comparatively small lightweight lens group the driving force of a lens group is small and ends and quick focusing is made.

[0005] As a zoom lens of such a rear focus type for example JPS62-215225A In JPS62-206516A JPS62-24213A JPS63-247316A and JPH4-43311A. The 1st group of refracting power more positive than the object side to order the 2nd group of negative refracting power the 3rd group of positive refracting power And the zoom lens of the 4 group type rear focus type which had four lens groups of

the 4th group of positive refracting power moved the 2nd group performed variable power moved the 4th group and performed the image surface fluctuation accompanying variable power and a focus is proposed.

[0006] On the other hand high optical performance has been obtained in many zoom lenses attaining the miniaturization of the whole lens system amending several aberration good by establishing an aspheric surface into a lens system.

[0007] The optical system which provided and amended the diffraction optical element which has a diffraction operation about the chromatic aberration among several aberrations to a part of lens side or optical system other than the method of amending combining the ** material from which distribution differs For example it is proposed by JPH4-213421A JPH6-324262A US5268790B etc. Among these in US5268790B the zoom lens which used the diffraction optical element for the 2nd group and the 3rd group is proposed.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The features like if a rear focus method is generally adopted in a zoom lens the whole lens system will be miniaturized a focus quick again will become possible and also close photographing becomes easy are acquired.

[0009] However the problem that the aberration variation in the case of a focus becomes large and it becomes very difficult to obtain high optical performance covering the object distance at large [from an infinite distance object to a short distance object] on the other hand arises.

[0010] For example the problem that it becomes very difficult for change of the chromatic aberration by variable power to become large with the zoom lens of high variable power by a large caliber ratio and to migrate to all the variable power ranges and to obtain high optical performance covering the object distance at large arises.

[0011] In order that especially a zoom ratio may amend the chromatic aberration generated within the 1st group or the 4th group with the zoom lens which comprises four groups of the high variable power ratio of 10 times or more a

lamination lens is used in many cases. And to the lens group by using an aspheric surface the lens number of sheets of a lens group is reduced and the method of shortening whole length of the lens is taken.

[0012] However if lens number of sheets is reduced the element which amends a chromatic aberration will become insufficient and it becomes difficult to amend change of the chromatic aberration accompanying variable power good.

[0013] A chromatic aberration is also mitigable if low dispersion glass is generally used for a positive lens. However generally the glass of low dispersion becomes lens shape with difficult processing with a low refractive index easily. If refracting power of the 1st group or the 4th group is weakened in the above-mentioned 4 group zoom lens for this reason refracting power of other lens groups must also be weakened according to this the path of the 1st group or the 4th group will need to become large will need to increase the lens thickness of the 1st group or the 4th group as a result and whole length of the lens will become huge. If refracting power of the 1st group is weakened the back focus in a wide angle end will become short and it becomes difficult to arrange a light filter a color separation prism etc. behind a lens system.

[0014] In a 4 group type zoom lens this invention by setting up the lens constitution of each lens group appropriately the object distance from an infinite distance object to [migrates to all the variable power ranges from a wide angle end to a tele edge and] a super-near object -- crossing generally -- fitness -- it aims at offer of the long zoom lens of the back focus of a high variable power ratio by a large caliber ratio with optical performance.

[0015] In the zoom lens of a 4 group type rear focus type a diffraction optical element is especially introduced into the 1st group Reduce the lens number of sheets of the 1st group and attain the miniaturization of whole length of the lens carry out the weight saving of the 1st group reducing the chromatic aberration generated by the 1st group by using a diffracted-light study operation and. It aims at offer of the zoom lens of the long rear focus type of the back focus which has good optical performance over all the variable power ranges from a wide angle

end to a tele edge.

[0016]

[Means for Solving the Problem] A zoom lens (1-1) of this invention and the 1st group of refracting power more positive than the object side to order. In a zoom lens which has four lens groups of the 2nd group of negative refracting power, the 3rd group of positive refracting power, and the 4th group of positive refracting power, moves this 2nd group and the 4th group performs variable power, moves this 4th group and performs a focus. This 1st group is $3.8 < bfw/fw < 5.2$ when it has a diffraction optical element symmetrical with rotation to an optic axis and a focal distance of the whole system [in / for air operation distance from the last lens side in a wide angle end to the image surface / bfw and a wide angle end] is set to fw. -- (1)

It is characterized by satisfying becoming conditions.

[0017]

[Embodiment of the Invention] The lens sectional view of the wide angle end of numerical working example 1 of this invention drawing 2 - drawing 4 of drawing 1 are a wide angle end of numerical working example 1 of this invention, middle and an aberration figure of a tele edge. The lens sectional view of the wide angle end of numerical working example 2 of this invention drawing 6 - drawing 8 of drawing 5 are a wide angle end of numerical working example 2 of this invention, middle and an aberration figure of a tele edge.

[0018] Next, the feature of the lens constitution of drawing 1 and numerical working example 1 and 2 of drawing 5 is explained. In drawing 1 and drawing 5, L1 is the 1st group of positive refracting power, the 2nd group of refracting power negative in L2, the 3rd group of refracting power positive in L3, and the 4th group of refracting power positive in L4. SP is an aperture diaphragm and is stationed ahead of the 3rd group L3. G is glass block, such as a color separation optical system, a faceplate, a filter. IP is the image surface.

[0019] In this embodiment, on the occasion of the variable power from a wide angle end to a tele edge, the 2nd group is moved to the image surface side like an

arrow and the 4th group was moved having a convex locus in the object side and the image surface fluctuation accompanying variable power is amended.

[0020] The rear focus type which moves the 4th group on an optic axis and performs a focus is adopted. The curve 4a of the solid line of the 4th group and the curve 4b of a dotted line which are shown in the figure show the moving track for amending the image surface fluctuation at the time of following on the variable power from a wide angle end when carrying out the focus to the infinite distance object and the short distance object respectively to a tele edge. The 1st group and the 3rd group are immobilization in the case of variable power and a focus. In order to lessen the variable power assignment of the 2nd group the 1st group may be moved in the case of variable power.

[0021] In this embodiment move the 4th group and the image surface fluctuation accompanying variable power is amended and the 4th group is moved and it is made to perform a focus. It is made to move so that it may have a convex locus to the object side on the occasion of the variable power from a wide angle end to a tele edge as shown especially in the curves 4a and 4b of the figure. This aimed at effective use of the space of the 3rd group and the 4th group and shortening of whole length of the lens is attained effectively.

[0022] In this embodiment when performing a focus from an infinite distance object to a short distance object in a tele edge it is carrying out by letting out the 4th group to the front as shown in the straight line 4c of the figure.

[0023] In this embodiment at least one diffraction optical element was provided in the 1st group the phase was set up appropriately the chromatic aberration which this generates by the 1st group was reduced and the chromatic aberration is amended good over all the variable power ranges.

[0024] the -- one -- a group -- a diffraction optical element -- nothing -- a refracting interface (lens) -- accepting it -- coming out -- a chromatic aberration -- it is going to reduce -- if -- a lens -- number of sheets -- increasing -- or -- otherwise anomalous dispersion glass -- it will be necessary to use -- although -- such a glass material -- for example FK01 (trade name) -- representing -- having -

- as -- general -- soft -- processing -- it is difficult .

[0025]In the case of the twice [high] as many zoom lens which thinks image quality as important especially as this even if it uses anomalous dispersion glass sufficient amendment may not sometimes be able to be performed dramatically. Since the 1st group becomes [the path of a lens] large as compared with other lens groups in many cases if the number of sheets of a lens is increased the weight of the whole lens will increase and user-friendliness will worsen.

[0026]So in this invention the chromatic aberration is amended good using a diffraction optical element for the 1st group and lessening the lens number of sheets of the 1st group. He is trying for the air operation distance (distance when plane-parallel plates such as a filter are removed) bfw from the lens final surface in a wide angle end to the image surface to fill a conditional expression (1).

[0027]In the case of the video lens which thinks image quality as important two or more image sensors may be used but the prism for distributing the color assigned to each image sensor at this time is needed. However if less than the minimum of a conditional expression (1) the space which a back focus becomes short too much and into which prism is put will become insufficient. On the contrary if it exceeds the maximum of a conditional expression (1) the overall length of the whole lens will be prolonged and it will be a user-unfriendly lens as a result.

[0028]The diffraction optical element in this embodiment is manufactured in binary by the lithographic technique which is the manufacture technique of a holographic optical element (HOE). A diffraction optical element may be manufactured by the binary optics (BINARY OPTICS). In this case in order to raise diffraction efficiency it may be made the shape of the shape of a saw called kino form. It may manufacture by molding by the direction manufactured by these methods.

[0029]The shape of the diffraction optical element in this embodiment is $\phi(h) = 2\pi/\lambda (C_2 \cdot h^2 + C_4 \cdot h^4 + \dots C_{(2i)} \cdot h^{2i})$ when λ and distance from an optic axis are set to h and it sets a phase to $\phi(h)$ for a reference wavelength (d line).

It is expressed with a ** type.

[0030]Although the zoom lens made into the purpose of this invention is attained by satisfying the above terms and conditionsit is good preferably on aberration compensation to satisfy at least one of the following conditions.

[0031](**1) When the focal distance of said i-th group is set to f_i ($i=1,2,3,4$)it is $0.31 < f_4/f_3 < 0.45$. -- (2)

It is satisfying the becoming conditions.

[0032]When the refracting power of the 3rd group becomes strong too much so that it exceeds the maximum of a conditional expression (2)the distance to a lens final surface and the image surface becomes shortand it becomes impossible to insert optical memberssuch as prism. On the contraryif the refracting power of the 3rd group becomes weak too much so that it is less than the minimum of a conditional expression (2)the distance to a lens final surface and the image surface will become longand the overall length of the whole lens will be prolonged as a resultand it will be a user-unfriendly lens as a result.

[0033](**2) Said diffraction optical element is having positive refracting power.

[0034]The 1st group has positive refracting powerand in order to negate the chromatic aberration generated by refraction by a diffraction optical elementit is giving positive refracting power to the refracting power of the diffraction optical element. Temporarilyif refracting power of a diffraction optical element is made negativethe usual dioptric system and the chromatic aberration to generate will become the samethe prosaic effect by a diffraction optical element does not show upbut it becomes impossible to amend sufficient chromatic aberration in the optical system whole region.

[0035](**3) When setting the focal distance of the whole system [in / for the focal distance of said 1st group / f_1 and a tele edge] to f_T [0036]

[Equation 2]

×

It is satisfying the becoming conditions.

[0037]When refracting power of the 1st group is strengthened so that it is less than the minimum of a conditional expression (3)it becomes impossible to negate enough the chromatic aberration generated according to a dioptric system by a diffraction optical elementand it becomes impossible to amend sufficient chromatic aberration in the optical system whole region. Creation of a diffraction optical element becomes difficult. On the contraryif refracting power of the 1st group is weakened so that it exceeds the maximum of a conditional expression (3)the space for the back focus in a wide angle end becoming short too muchand inserting optical memberssuch as prismwill become insufficient.

[0038](---4) The 2nd group is having at least two negative lensesone positive lensand negative lens in order from the object side.

[0039](---5) The 3rd group is that meniscus-like a negative lens and both lens sides have a convex positive lens in order from the object side.

[0040](---6) The 4th group is having a positive cemented lens of a positive lensa negative lensand a positive lens as a whole in order from the object side.

[0041]In order to perform sufficient chromatic aberration correction by the 1st group in this inventionall the lenses of the 1st groupWhen making a coefficient of a quadratic term of a diffraction optical element of $f1i$ in $1i$ ($i= 12 \dots$)and the 1st group into C_{21} for a focal distance and an Abbe numberrespectivelyit is $|0.5797$ and $C_{21} + \sum \{1/(f1i - n_{di})\} |$ and $f1 < 9.8 \times 10^{-3}$. -- (4)

It is desirable to satisfy becoming conditions.

[0042]In a conditional expression (4)they are conditions for a prosaic effect in a dioptrics side and a diffraction optical surface to be compounded about the 1st groupand for a chromatic aberration fully amend.

[0043]Generallyan Abbe number (variance) of a dioptric system is $nud = (Nd - 1)/(NF - NC)$ when dC and refracting power in each wavelength of an F line are set to Nd NC and NF .

It is come out and expressed.

[0044] $nud = \lambda d / d$ when variance nud in a diffraction optical surfaceon the other handsets each wavelength of d lineC lineand an F line to

$\lambda_d \lambda_c$ and $\lambda_F (\lambda_F - \lambda_C)$

It comes out and it is expressed and is set to $\nu_d = -3.45$.

[0045] The refracting power ψ of the paraxial primary diffracted light in dominant wavelength of a diffraction optical surface is expressed as $\psi = -2$ and C_2 when a coefficient of a quadratic term is made into C_2 from a front type showing a phase of a diffraction optical surface.

[0046] Since a chromatic aberration generated by a certain group is proportional to ψ/ν quantity equivalent to this becomes -2 and $C_2/(-3.45) = 0.5797$ and C_2 in a diffraction optical surface.

[0047] At a dioptric system this quantity is $\sigma_1/(f - \nu)$.

It becomes. Therefore it turns out that chromatic aberration correction of that group is fully performed so that this sum is [zero] near.

[0048] Since amendment of a chromatic aberration generated in the 1st lens group will become insufficient if within the limits of a conditional expression (4) is exceeded it is not good.

[0049] A thing of 1 lamination of kino form shape of one layer shown in drawing 9 as composition of a diffraction optical element used by this embodiment a thing of two-layer composition which laminated two layers from which grid thickness as shown in drawing 12 differs (or it is the same) etc. are applicable.

[0050] Drawing 10 is the wavelength dependence characteristic of diffraction efficiency of the primary diffracted light of the diffraction optical element 101 shown in drawing 9. Composition of the actual diffraction optical element 101 applies ultraviolet curing resin to the surface of the substrate 102 and forms the layer 103 of the grid thickness d that diffraction efficiency of the primary diffracted light will be 100% on wavelength of 530 nm at a resin part.

[0051] It falls as diffraction efficiency of a design degree separates from optimized wavelength of 530 nm so that clearly [in drawing 10] and on the other hand diffraction efficiency of the zero-order diffracted light of a degree near the design degree and the secondary diffracted light is increasing. An increase in the diffracted lights other than the design degree serves as the flare and leads to a

fall of resolution of an optical system.

[0052]The MTF characteristic in each field angle ω to spatial frequency at the time of creating numerical working example 2 by the shape of a lattice type of drawing 9 is shown in drawing 11.

[0053]The wavelength dependence characteristic of diffraction efficiency of the primary diffracted light of a diffraction optical element of a lamination type which laminated the two layers 104105 shown in drawing 12 is shown in drawing 13.

[0054]in drawing 12it consists of ultraviolet curing resin ($n_d=1.499$ $n_{ud}=54$) on the substrate 102 -- 104 [layer / 1st] is formed and it consists of another ultraviolet curing resin ($n_d=1.598$ $n_{ud}=28$) on it -- 105 [layer / 2nd] is formed. In combination of this construction materialthe grid thickness d_1 of 104 is setting the 1st layer of grid thickness d_2 of $d_1=13.8$ micrometer and the 2nd layer 105 to $d_2=10.5$ micrometer.

[0055]By using a diffraction optical element of a laminated structure so that drawing 13 may showdiffraction efficiency of a design degree has the high diffraction efficiency of not less than 95% throughout the using wavelength.

[0056]The MTF characteristic in each field angle ω to spatial frequency at the time of creating numerical working example 2 by the shape of a lattice type of drawing 12 is shown in drawing 14. If a diffraction optical element of a laminated structure is usedMTF of low frequency will improve and the desired MTF characteristic will be obtained. Thusoptical performance is further improvable if a laminated structure is used as a diffraction optical element concerning this invention.

[0057]Not a thing that limits construction material to ultraviolet curing resin but other plastic materials can be used as a diffraction optical element of the above-mentioned laminated structureand the 1st layer 104 may be directly formed in a substrate depending on a substrate. Each grid thickness does not necessarily need to differand as shown in drawing 15 depending on combination of materialgrid thickness of the two layers 104 and 105 may be made equal.

[0058]In this casesince the shape of a lattice type is not formed on the surface of

a diffraction optical element it can excel in protection-against-dust nature and the assembly-operation nature of a diffraction optical element can be raised.

[0059] Next numerical working example of this invention is shown. in numerical working example -- r_i -- the object side -- order -- it is a curvature radius of the i -th lens side and d_i is the i -th lens thickness and air spacing and n_i and n_{ui} are a refractive index and an Abbe number of glass of the i -th lens in order from the each object side in the object side. The above-mentioned monograph affair type and a relation of numerical working example are shown in table-1.

[0060] When aspherical surface shape makes positive a direction of movement of a Y-axis and light to the X-axis an optic axis and a perpendicular direction at an optical axis direction and a paraxial curvature radius $KBCDE$ and F are respectively made into an aspheric surface coefficient for R [0061]

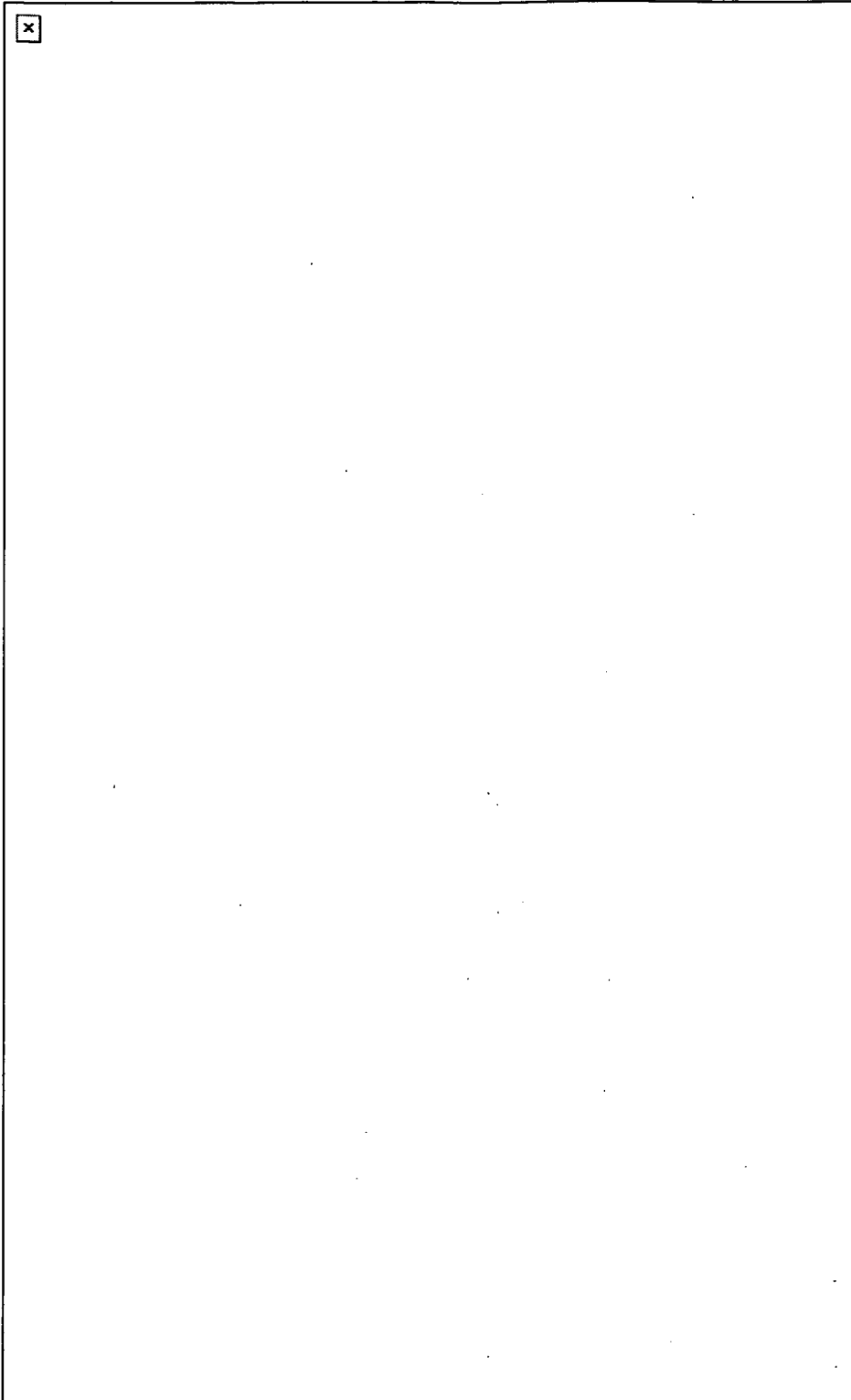
[Equation 3]

\times

It expresses with the becoming formula. "D-0X" means " 10^{-X} ."

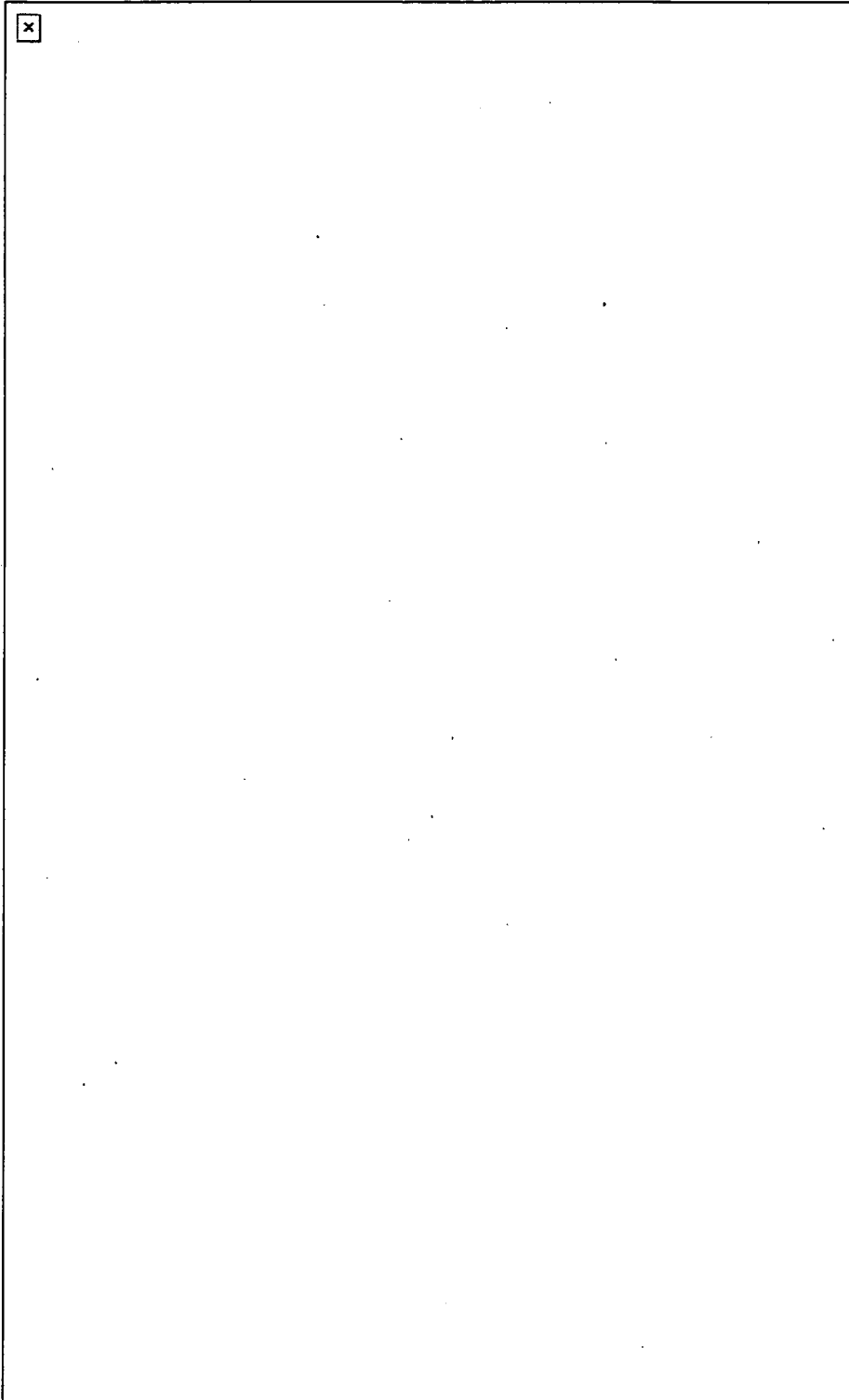
[0062]

[External Character 1]



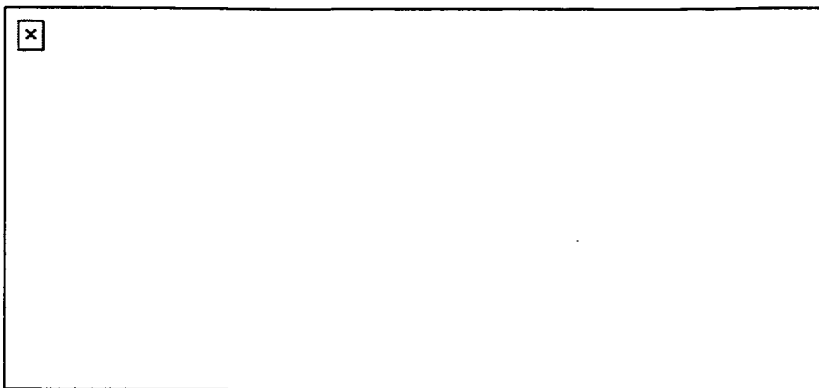
[0063]

[External Character 2]



[0064]

[Table 1]



[0065]

[Effect of the Invention] In [according to this invention] an above (1) and 4 group type zoom lens By setting up the lens constitution of each lens group appropriately the object distance at large [from an infinite distance object to / migrates to all the variable power ranges from a wide angle end to a tele edge and / a super-near object] can be covered and the long zoom lens of the back focus of a high variable power ratio can be attained by a large caliber ratio with good optical performance.

[0066] (2) A diffraction optical element is introduced into the 1st group in the zoom lens of a 4 group type rear focus type Reduce the lens number of sheets of the 1st group and attain the miniaturization of whole length of the lens carry out the weight saving of the 1st group reducing the chromatic aberration generated by the 1st group by using a diffracted-light study operation and. The zoom lens of the long rear focus type of the back focus which has good optical performance over all the variable power ranges from a wide angle end to a tele edge can be attained.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The lens sectional view of numerical working example 1 of this invention

[Drawing 2]The aberration figure of the wide angle end of numerical working example 1 of this invention

[Drawing 3]The middle aberration figure of numerical working example 1 of this invention

[Drawing 4]The aberration figure of the tele edge of numerical working example 1 of this invention

[Drawing 5]The lens sectional view of numerical working example 2 of this invention

[Drawing 6]The aberration figure of the wide angle end of numerical working example 2 of this invention

[Drawing 7]The middle aberration figure of numerical working example 2 of this invention

[Drawing 8]The aberration figure of the tele edge of numerical working example 2 of this invention

[Drawing 9]The explanatory view of the diffraction optical element concerning this invention

[Drawing 10]The explanatory view of the wavelength dependence characteristic of the diffraction optical element concerning this invention

[Drawing 11]The MTF characteristic figure of the diffraction optical element concerning this invention

[Drawing 12]The explanatory view of the diffraction optical element concerning this invention

[Drawing 13]The explanatory view of the wavelength dependence characteristic of the diffraction optical element concerning this invention

[Drawing 14]The MTF characteristic figure of the diffraction optical element concerning this invention

[Drawing 15]The explanatory view of the diffraction optical element concerning this invention

[Description of Notations]

L1 The 1st group

L2 The 2nd group

L3 The 3rd group

L4 The 4th group

SP Diaphragm

IP Image surface

deltaM meridional image surface

deltaS sagittal image surface

d d line

g g line

101 Diffraction optical element

102 Base

103104105 Layer

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-121940

(P2000-121940A)

(43) 公開日 平成12年4月28日 (2000. 4. 28)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 15/20

識別記号

F I

G 0 2 B 15/20

マークシート (参考)

2 H 0 8 7

9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-316924

(22) 出願日 平成10年10月20日 (1998. 10. 20)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 吉田 博樹

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100086818

弁理士 高梨 幸雄

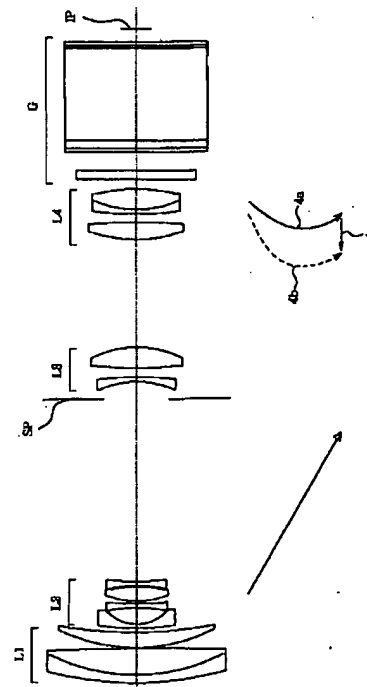
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又、無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した4群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズを得ること。

【解決手段】 物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、該第2群と第4群を移動させて変倍を行い、該第4群を移動させてフォーカスを行うズームレンズにおいて、該第1群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を有しており、広角端における最終レンズ面から像面までの空気演算距離を $b f w$ 、広角端における全系の焦点距離を $f w$ とするとき、 $3.8 < b f w / f w < 5.2$ なる条件を満足すること。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側より順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、正の屈折力の第 3 群、そして正の屈折力の第 4 群の 4 つのレンズ群を有し、該第 2 群と第 4 群を移動させて変倍を行い、該第 4 群を移動させてフォーカスを行うズームレンズにおいて、該第 1 群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を有しており、広角端における最終レンズ面から像面までの空気演算距離を $b f w$ 、広角端における全系の焦点距離を $f w$ とするとき、 $3.8 < b f w / f w < 5.2$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】 前記第 i 群の焦点距離を f_i ($i = 1, 2, 3, 4$) としたとき、 $0.31 < f_4 / f_3 < 0.45$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 のズームレンズ。

【請求項 3】 前記回折光学素子は正の屈折力を有していることを特徴とする請求項 1 又は 2 のズームレンズ。

【請求項 4】 前記第 1 群の焦点距離を f_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_T とするとき、

【数 1】

$$1.8 < \frac{f_1}{\sqrt{f w \cdot f_T}} < 3.2$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1, 2 又は 3 のズームレンズ。

【請求項 5】 前記回折光学素子は 1 層構成又は互いに分散の異なる材質より成る 2 層構成より成っていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はズームレンズに関し、特にレンズ系の一部に回折光学素子を用いることによって諸収差、特に色収差を良好に補正し、かつ、多板用プリズムやリフレクター等をレンズ系後方に配置できる程度の長いバックフォーカスを有した写真用カメラやビデオカメラ、そして放送用カメラ等に用いられる大口径比で高変倍比のレンズ系全体の小型化を図ったズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 最近、ホームビデオカメラ等の小型軽量化に伴い、撮像用のズームレンズも小型化されている。特にレンズ全長の短縮化や前玉径の小型化、レンズ構成の簡略化が図られている。

【0003】 レンズ系全体の小型化を達成する一つの手段として、物体側の第 1 群以外のレンズ群を移動させてフォーカスを行う、所謂リヤフォーカス式のズームレンズが知られている。

【0004】 一般にリヤフォーカス式のズームレンズ

は第 1 群を移動させてフォーカスを行うズームレンズに比べて第 1 群の有効径が小さくなり、レンズ系全体の小型化が容易になり、又近接撮影、特に極近接撮影が容易となり、更に比較的小型軽量のレンズ群を移動させて行っているため、レンズ群の駆動力が小さくてすみ迅速な焦点合わせができる等の特長がある。

【0005】 このようなリヤフォーカス式のズームレンズとして、例えば特開昭 62-215225 号公報や、特開昭 62-206516 号公報、特開昭 62-24213 号公報、特開昭 63-247316 号公報、そして特開平 4-43311 号公報では、物体側より順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、正の屈折力の第 3 群、そして正の屈折力の第 4 群の 4 つのレンズ群を有し、第 2 群を移動させて変倍を行い、第 4 群を移動させて変倍に伴う像面変動とフォーカスを行った 4 群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズが提案されている。

【0006】 一方、多くのズームレンズにおいては、レンズ系中に非球面を設けることによって諸収差を良好に補正しつつ、レンズ系全体の小型化を図りつつ、高い光学性能を得ている。

【0007】 又、諸収差のうち色収差については分散の異なる硝材を組み合わせることで補正する方法の他にレンズ面又は光学系の一部に回折作用を有する回折光学素子を設けて補正した光学系が、例えば特開平 4-213421 号公報や特開平 6-324262 号公報、米国特許第 5,268,790 号等で提案されている。このうち、米国特許第 5,268,790 号では第 2 群と第 3 群に回折光学素子を用いたズームレンズを提案している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 一般にズームレンズにおいてリヤフォーカス方式を採用するとレンズ系全体が小型化され又迅速なるフォーカスが可能となり、更に近接撮影が容易となる等の特長が得られる。

【0009】 しかしながら反面、フォーカスの際の収差変動が大きくなり、無限遠物体から近距離物体に至る物体距離全般にわたり高い光学性能を得るのが大変難しくなってくるという問題点が生じてくる。

【0010】 例えば、大口径比で高変倍のズームレンズでは変倍による色収差の変動が大きくなってきて全変倍範囲にわたり、又物体距離全般にわたり高い光学性能を得るのが大変難しくなってくるという問題点が生じてくる。

【0011】 特にズーム比が 10 倍以上の高変倍比の 4 群より成るズームレンズでは第 1 群や第 4 群内で発生する色収差を補正するため、張り合わせレンズを用いることが多い。そしてレンズ群に対し、非球面を用いることによりレンズ群のレンズ枚数を削減し、レンズ全長を短くする方法がとられている。

【0012】 しかしながら、レンズ枚数を減らすと色収

差の補正をする要素が不十分になってきて、変倍に伴う色収差の変動を良好に補正することが困難になってくる。

【0013】一般に正レンズに低分散ガラスを用いれば、色収差を軽減することもできる。しかしながら一般に低分散のガラスは屈折率が低く加工が難しいレンズ形状になりやすい。この為、前述の4群ズームレンズにおいて第1群又は第4群の屈折力を弱くすると、これに応じて他のレンズ群の屈折力も弱くしなければならず、第1群又は第4群の径が大きくなり結果として第1群や第4群のレンズ肉厚を増す必要が生じてレンズ全長が長大化してくる。又、第1群の屈折力を弱くすると広角端におけるバックフォーカスが短くなり、レンズ系の後方に光学フィルター、色分解プリズム等を配置するのが難しくなってくる。

【0014】本発明は、4群タイプのズームレンズにおいて、各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した大口径比で高変倍比のバックフォーカスの長いズームレンズの提供を目的とする。

【0015】特に、4群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズにおいて第1群に回折光学素子を導入し、回折光学的な作用を利用することで第1群で発生する色収差を低減しつつ第1群のレンズ枚数を削減し、レンズ全長の小型化を達成し、かつ第1群を軽量化すると共に、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を有するバックフォーカスの長いリヤフォーカス式のズームレンズの提供を目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、

(1-1) 物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、該第2群と第4群を移動させて変倍を行い、該第4群を移動させてフォーカスを行うズームレンズにおいて、該第1群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を有しており、広角端における最終レンズ面から像面までの空気演算距離を $b\text{fw}$ 、広角端における全系の焦点距離を fw とすると、

$$3.8 < b\text{fw}/\text{fw} < 5.2 \cdots (1)$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0017】

【発明の実施の形態】図1は本発明の数値実施例1の広角端のレンズ断面図、図2～図4は本発明の数値実施例1の広角端、中間、望遠端の収差図である。図5は本発明の数値実施例2の広角端のレンズ断面図、図6～図8は本発明の数値実施例2の広角端、中間、望遠端の収差図である。

【0018】次に、図1、図5の数値実施例1、2のレンズ構成の特徴について説明する。図1、図5において、L1は正の屈折力の第1群、L2は負の屈折力の第2群、L3は正の屈折力の第3群、L4は正の屈折力の第4群である。SPは開口絞りであり、第3群L3の前方に配置している。Gは色分解光学系やフェースプレート、そしてフィルター等のガラスブロックである。IPは像面である。

【0019】本実施形態では広角端から望遠端への変倍に際して矢印のように第2群を像面側へ移動させると共に、変倍に伴う像面変動を第4群を物体側に凸状の軌跡を有しつつ移動させて補正している。

【0020】又、第4群を光軸上移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式を採用している。同図に示す第4群の実線の曲線4aと点線の曲線4bは各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端への変倍に伴う際の像面変動を補正する為の移動軌跡を示している。尚、第1群と第3群は変倍及びフォーカスの際固定である。尚、第2群の変倍分担を少なくする為に第1群を変倍の際に移動させても良い。

【0021】本実施形態においては第4群を移動させて変倍に伴う像面変動の補正を行うと共に第4群を移動させてフォーカスを行うようにしている。特に同図の曲線4a、4bに示すように広角端から望遠端への変倍に際して物体側へ凸状の軌跡を有するように移動させている。これにより第3群と第4群との空間の有効利用を図りレンズ全長の短縮化を効果的に達成している。

【0022】本実施形態において、例えば望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合は同図の直線4cに示すように第4群を前方へ繰り出すことにより行っている。

【0023】本実施形態では第1群に少なくとも1つの回折光学素子を設け、その位相を適切に設定し、これにより第1群で発生する色収差を低減し、全変倍範囲にわたり色収差を良好に補正している。

【0024】第1群を回折光学素子なしで屈折面（レンズ）のみで色収差を軽減しようとする、レンズの枚数を増やすか、さもなければ異常分散ガラスの使う必要が生じるが、このようなガラス材は、例えばFK01（商品名）に代表されるように一般に柔らかく加工が難しい。

【0025】特に、画質を重視する高倍のズームレンズの場合、異常分散ガラスを用いても十分な補正ができないことも大いにあり得る。又、第1群は他のレンズ群と比較し、レンズの径が大きくなることが多いため、レンズの枚数を増やすとレンズ全体の重量が増え、使い勝手が悪くなる。

【0026】そこで本発明では、第1群に回折光学素子を用いて第1群のレンズ枚数を少なくしつつ、色収差を良好に補正している。又、広角端におけるレンズ最終面から像面までの空気演算距離（フィルター等の平行平面

板を除去したときの距離) $b f w$ が条件式 (1) を満たすようにしている。

【0027】画質を重視するビデオレンズの場合、複数の撮像素子を用いることがあるが、このとき各撮像素子に割り当てる色を分散するためのプリズムが必要になる。ところが条件式 (1) の下限を下回るとバックフォーカスが短くなりすぎ、プリズムを入れる空間が不十分になってしまう。逆に、条件式 (1) の上限を上回るとレンズ全体の全長が延び、結果として使い勝手の悪いレンズになってしまう。

【0028】本実施形態における回折光学素子は、ホログラフィック光学素子 (HOE) の製作手法であるリソグラフィック手法で2値的に製作している。回折光学素子はバイナリーオプティクス (BINARY OPTICS) で製作しても良い。この場合、更に回折効率を上げるためにキノフォームと呼ばれる鋸状の形状にしても良い。またこれらの方法で製作した方によって成型により製造しても良い。

【0029】また本実施形態における回折光学素子の形状は、基準波長 (d 線) を λ 、光軸からの距離を h 、位相を $\varphi(h)$ としたとき

$$\varphi(h) = 2\pi/\lambda (C_2 \cdot h^2 + C_4 \cdot h^4 + \dots + C_{2i} \cdot h^{2i})$$

の式で表されるものである。

【0030】本発明の目的とするズームレンズは以上の諸条件を満足することにより達成されるが、更に収差補正上好ましくは、次の条件のうち少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0031】(7-1) 前記第 i 群の焦点距離を f_i ($i = 1, 2, 3, 4$) としたとき、
 $0.31 < f_4/f_3 < 0.45 \dots (2)$

なる条件を満足することである。

【0032】条件式 (2) の上限を上回るほど第3群の屈折力が強くなりすぎるとレンズ最終面と像面までの距離が短くなり、プリズム等の光学部材を挿入できなくなる。逆に、条件式 (2) の下限を下回るほど第3群の屈折力が弱くなりすぎるとレンズ最終面と像面までの距離が長くなり、結果としてレンズ全体の全長が延び、結果として使い勝手の悪いレンズになってしまう。

$$|0.5797 \cdot C_{21} + \sum \{1/(f_{1i} \cdot v_{1i})\}| \cdot f_1 < 9.8 \times 10^{-3} \dots (4)$$

なる条件を満足するのが望ましい。

【0042】条件式 (4) では第1群に関して屈折光学面と回折光学面での色消し効果が合成されて十分に色収差が補正するための条件である。

【0043】一般に屈折光学系のアッペ数 (分散値) は d, C, F 線の各波長における屈折力を N_d, N_C, N_F としたとき

$$v_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

で表される。

【0033】(7-2) 前記回折光学素子は正の屈折力を有していることである。

【0034】第1群は正の屈折力を有しており、屈折によって発生する色収差を回折光学素子で打ち消す為に回折光学素子の屈折力に正の屈折力を持たせている。仮に、回折光学素子の屈折力を負にすると通常の屈折光学系と発生する色収差が同じになってしまい、回折光学素子による色消し効果が出ず、光学系全域で十分な色収差の補正が行えなくなる。

【0035】(7-3) 前記第1群の焦点距離を f_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_T とするとき、

【0036】

【数2】

$$1.8 < \frac{f_1}{\sqrt{f_W \cdot f_T}} < 3.2 \dots (3)$$

なる条件を満足することである。

【0037】条件式 (3) の下限を下回るほど第1群の屈折力を強くすると屈折光学系によって発生する色収差を回折光学素子で十分打ち消すことができなくなり、光学系全域で十分な色収差の補正が行えなくなる。又、回折光学素子の作成が困難になる。逆に、条件式 (3) の上限を上回るほど第1群の屈折力を弱くすると広角端におけるバックフォーカスが短くなりすぎ、プリズム等の光学部材を挿入するための空間が不十分になる。

【0038】(7-4) 第2群は物体側より順に少なくとも2枚の負レンズと1枚の正レンズ、そして負レンズを有していることである。

【0039】(7-5) 第3群は物体側より順にメニスカス状の負レンズと両レンズ面が凸面の正レンズを有していることである。

【0040】(7-6) 第4群は物体側より順に正レンズ、負レンズと正レンズとの全体として正の接合レンズとを有していることである。

【0041】本発明において第1群で十分な色収差補正が行われるためには第1群のすべてのレンズの、焦点距離及びアッペ数をそれぞれ f_{1i}, v_{1i} ($i = 1, 2, \dots$)、第1群の回折光学素子の2次項の係数を C_{21} とするとき

$$< 9.8 \times 10^{-3} \dots (4)$$

【0044】一方回折光学面での分散値 v_d は d 線、 C 線、 F 線の各波長を $\lambda_d, \lambda_C, \lambda_F$ としたとき

$$v_d = \lambda_d / (\lambda_F - \lambda_C)$$

で表され、 $v_d = -3.45$ となる。

【0045】また回折光学面の主波長における近軸的な1次回折光の屈折力 ψ は回折光学面の位相を表す前式より2次項の係数を C_2 としたとき

$$\psi = -2 \cdot C_2$$

と表される。

【0046】ある群で発生する色収差は ψ/ν に比例するのでこれに相当する量は回折光学面では $-2 \cdot C_2 / (-3.45) = 0.5797 \cdot C_2$ となる。

【0047】また屈折光学系ではこの量は $\Sigma 1 / (f \cdot \nu)$ となる。従ってこの和が0に近いほどその群の色収差補正が十分に行われていることが判る。

【0048】条件式(4)の範囲内を越えてしまうと第1レンズ群で発生する色収差の補正が不十分になってしまうので良くない。

【0049】本実施形態で用いている回折光学素子の構成としては図9に示す1層のキノフォーム形状の1層構成のものや、図12に示すような格子厚の異なる(又は同一の)2つの層を積層した2層構成のもの等が適用可能である。

【0050】図10は図9に示す回折光学素子101の1次回折光の回折効率の波長依存特性である。実際の回折光学素子101の構成は、基材102の表面に紫外線硬化樹脂を塗布し、樹脂部に波長530nmで1次回折光の回折効率が100%となるような格子厚dの層103を形成している。

【0051】図10で明らかなように設計次数の回折効率は最適化した波長530nmから離れるに従って低下し、一方設計次数近傍の次数の0次回折光と2次回折光の回折効率が増大している。その設計次数以外の回折光の増加はフレアとなり、光学系の解像度の低下につながる。

【0052】図11に図9の格子形状で数値実施例2を作成した場合の空間周波数に対する各画角 ω でのMTF特性を示す。

【0053】図12に示す2つの層104、105を積層した積層型の回折光学素子の1次回折光の回折効率の波長依存特性を図13に示す。

【0054】図12では基材102上に紫外線硬化樹脂($n_d = 1.499$, $\nu_d = 54$)からなる第1層10

4を形成し、その上に別の紫外線硬化樹脂($n_d = 1.598$, $\nu_d = 28$)からなる第2層105を形成している。この材質の組み合わせでは、第1層104の格子厚d1は $d_1 = 13.8 \mu\text{m}$ 、第2の層105の格子厚d2は $d_2 = 10.5 \mu\text{m}$ としている。

【0055】図13から分かるように積層構造の回折光学素子にすることで、設計次数の回折効率は、使用波長全域で95%以上の高い回折効率を有している。

【0056】図14に図12の格子形状で数値実施例2を作成した場合の空間周波数に対する各画角 ω でのMTF特性を示す。積層構造の回折光学素子を用いると、低周波数のMTFは改善され、所望のMTF特性が得られる。このように、本発明に係る回折光学素子として積層構造を用いれば、光学性能を更に改善することができる。

【0057】なお、前述の積層構造の回折光学素子として、材質を紫外線硬化樹脂に限定するものではなく、他のプラスチック材等も使用できるし、基材によっては第1の層104を直接基材に形成しても良い。また各格子厚が必ずしも異なる必要はなく、材料の組み合わせによっては図15に示すように2つの層104と105の格子厚を等しくしても良い。

【0058】この場合は、回折光学素子の表面に格子形状が形成されないので、防塵性に優れ、回折光学素子の組立作業性を向上させることができる。

【0059】次に本発明の数値実施例を示す。数値実施例において r_i は物体側より順に第i番目のレンズ面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第i番目のレンズ厚及び空気間隔、 n_i と ν_i は各々物体側より順に第i番目のレンズのガラスの屈折率とアッペ数である。又、前述の各条件式と数値実施例の関係を表-1に示す。

【0060】非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にY軸、光の進行方向を正としRを近軸曲率半径、K、B、C、D、E、Fを各々非球面係数としたとき、

【0061】

【数3】

$$X = \frac{(1/R) H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K) (Y/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8$$

なる式で表している。又「D-0X」は「10-X」を意味している。

【0062】

【外1】

数值实施例1

$$f = 4.232 \sim 68.30 \quad f_{no} = 1:1.65 \sim 2.70 \quad 2\omega = 59.1^\circ \sim 3.78^\circ$$

r 1=	57.412	d 1=	1.27	n 1=	1.85504	ν 1=	23.8
r 2=	31.453	d 2=	4.28	n 2=	1.60548	ν 2=	60.6
r 3=	-408.636	d 3=	0.16				
r 4=	28.456	d 4=	2.47	n 3=	1.69979	ν 3=	55.5
r 5=	72.457	d 5=	可変				
r 6=	43.987	d 6=	0.68	n 4=	1.88815	ν 4=	40.8
r 7=	6.581	d 7=	2.69				
r 8=	-23.235	d 8=	0.60	n 5=	1.83945	ν 5=	42.7
r 9=	40.596	d 9=	0.45				
r 10=	13.316	d 10=	2.33	n 6=	1.85504	ν 6=	23.8
r 11=	-23.536	d 11=	0.22				
r 12=	-18.833	d 12=	0.60	n 7=	1.71615	ν 7=	53.9
r 13=	35.573	d 13=	可変				
r 14=	(絞り)	d 14=	2.81				
r 15=	-14.736	d 15=	0.75	n 8=	1.77621	ν 8=	49.6
r 16=	-53.187	d 16=	1.47				
r 17=	50.460	d 17=	3.45	n 9=	1.58547	ν 9=	59.4
r 18=	-15.929	d 18=	可変				
r 19=	21.245	d 19=	2.78	n 10=	1.58547	ν 10=	59.4
r 20=	-87.076	d 20=	1.27				
r 21=	49.795	d 21=	0.75	n 11=	1.85504	ν 11=	23.8
r 22=	16.491	d 22=	3.38	n 12=	1.48915	ν 12=	70.2
r 23=	-26.823	d 23=	1.50				
r 24=	∞	d 24=	1.50	n 13=	1.51825	ν 13=	64.1
r 25=	∞	d 25=	3.00				
r 26=	∞	d 26=	0.61	n 14=	1.55219	ν 14=	60.0
r 27=	∞	d 27=	1.20	n 15=	1.52180	ν 15=	69.0
r 28=	∞	d 28=	15.00	n 16=	1.59143	ν 16=	61.2
r 29=	∞	d 29=	0.43	n 17=	1.55219	ν 17=	60.0
r 30=	∞	d 30=	0.60	n 18=	1.51825	ν 18=	64.2
r 31=	∞						

位相係数

	c12	c14
3面	-1.05056D-04	1.47591D-08

非球面係数

	K	B	C	D
17面	2.43773D+01	-7.41861D-05	-1.29937D-07	-6.85405D-10
19面	5.86641D-01	-4.45603D-05	3.20420D-08	-5.55824D-10

焦点距離 可変間隔	4.23	14.25	68.30
d 5	0.70	17.63	28.91
d 13	29.71	12.78	1.50
d 18	17.49	14.19	17.89

数值实施例2

$$f=4.232\sim 76.30 \quad fno=1:1.65\sim 2.75 \quad 2\omega=59.1^\circ \sim 3.40^\circ$$

r 1= 62.859	d 1= 1.27	n 1=1.85504	ν 1= 23.8
r 2= 35.283	d 2= 4.28	n 2=1.60548	ν 2= 60.6
r 3= -471.748	d 3= 0.15		
r 4= 31.366	d 4= 2.47	n 3=1.69979	ν 3= 55.5
r 5= 79.199	d 5=可変		
r 6= 39.378	d 6= 0.68	n 4=1.88815	ν 4= 40.8
r 7= 7.031	d 7= 2.80		
r 8= -26.052	d 8= 0.60	n 5=1.83945	ν 5= 42.7
r 9= 37.405	d 9= 0.45		
r10= 13.676	d10= 2.33	n 6=1.85504	ν 6= 23.8
r11= -25.779	d11= 0.22		
r12= -18.560	d12= 0.60	n 7=1.71615	ν 7= 53.9
r13= 36.374	d13=可変		
r14=(絞リ)	d14= 2.81		
r15= -14.524	d15= 0.75	n 8=1.77621	ν 8= 49.6
r16= -51.910	d16= 1.47		
r17= 50.719	d17= 3.45	n 9=1.59143	ν 9= 61.1
r18= -16.161	d18=可変		
r19= 22.176	d19= 2.78	n10=1.58547	ν 10= 59.4
r20= -98.936	d20= 1.27		
r21= 46.836	d21= 0.75	n11=1.85504	ν 11= 23.8
r22= 16.783	d22= 3.38	n12=1.48915	ν 12= 70.2
r23= -29.194	d23= 1.50		
r24= ∞	d24= 1.50	n13=1.51825	ν 13= 64.1
r25= ∞	d25= 3.00		
r26= ∞	d26= 0.61	n14=1.55219	ν 14= 60.0
r27= ∞	d27= 1.20	n15=1.52180	ν 15= 89.0
r28= ∞	d28= 15.00	n16=1.59143	ν 16= 61.2
r29= ∞	d29= 0.43	n17=1.55219	ν 17= 60.0
r30= ∞	d30= 0.60	n18=1.51825	ν 18= 64.2
r31= ∞			

位相係数

c12	c14
3面 -1.19240D-04	5.47194D-08

非球面係数

	K	B	C	D
17面	2.48557D+01	-7.14143D-05	-1.33582D-07	-7.14167D-10
19面	8.26306D-01	-4.19351D-05	4.80518D-08	-7.08481D-10

焦点距離 可変間隔	4.23	14.84	76.30
d 5	0.70	19.70	32.37
d 13	33.13	14.12	1.45
d 18	17.62	14.00	18.01

【0064】

【表1】

表-1

	数値実施例1	数値実施例2
(1) $b f w / f w$	4.46	4.59
(2) $f 4 / f 3$	0.366	0.370
(3) $\frac{f 1}{\sqrt{f W \cdot f T}}$	2.49	2.58
(4) $0.5797 \cdot C_n + \sum \{1 / (f 1 1 + v 1 1)\} \cdot f 1$	4.75×10^{-3}	2.22×10^{-3}

【0065】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、

(イ-1) 4群タイプのズームレンズにおいて、各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した大口径比で高変倍比のバックフォーカスの長いズームレンズを達成することができる。

【0066】(イ-2) 4群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズにおいて第1群に回折光学素子を導入し、回折光学的な作用を利用することで第1群で発生する色収差を低減しつつ第1群のレンズ枚数を削減し、レンズ全長の小型化を達成し、かつ第1群を軽量化すると共に、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を有するバックフォーカスの長いリヤフォーカス式のズームレンズを達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の数値実施例1のレンズ断面図

【図2】本発明の数値実施例1の広角端の収差図

【図3】本発明の数値実施例1の中間の収差図

【図4】本発明の数値実施例1の望遠端の収差図

【図5】本発明の数値実施例2のレンズ断面図

【図6】本発明の数値実施例2の広角端の収差図

【図7】本発明の数値実施例2の中間の収差図

【図8】本発明の数値実施例2の望遠端の収差図

【図9】本発明に係る回折光学素子の説明図

【図10】本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図

【図11】本発明に係る回折光学素子のMTF特性図

【図12】本発明に係る回折光学素子の説明図

【図13】本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図

【図14】本発明に係る回折光学素子のMTF特性図

【図15】本発明に係る回折光学素子の説明図

【符号の説明】

L1 第1群

L2 第2群

L3 第3群

L4 第4群

SP 絞り

IP 像面

ΔM メリディオナル像面

ΔS サジタル像面

d d線

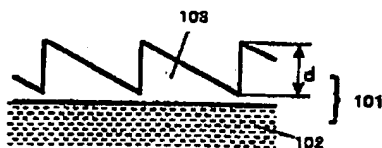
g g線

101 回折光学素子

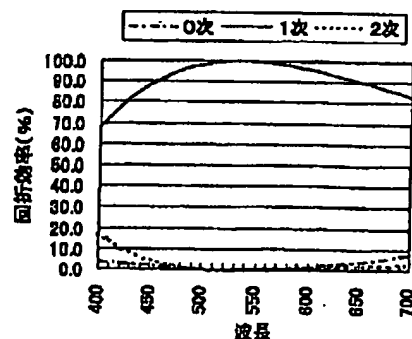
102 基盤

103, 104, 105 層

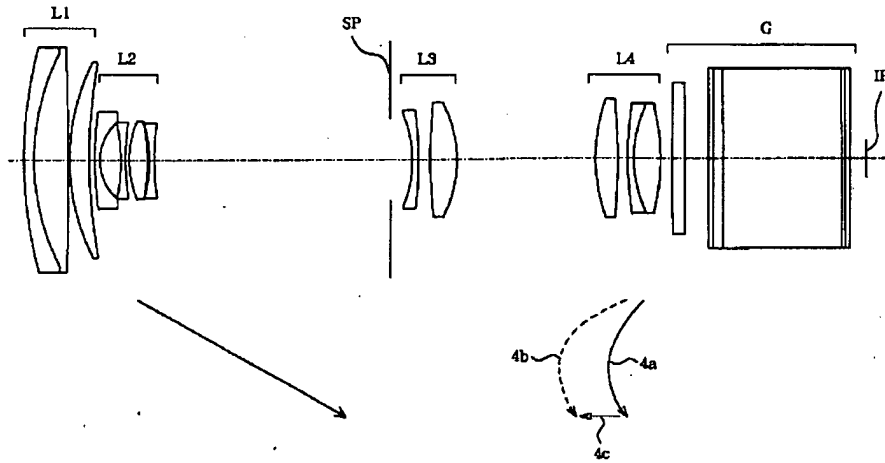
【図9】



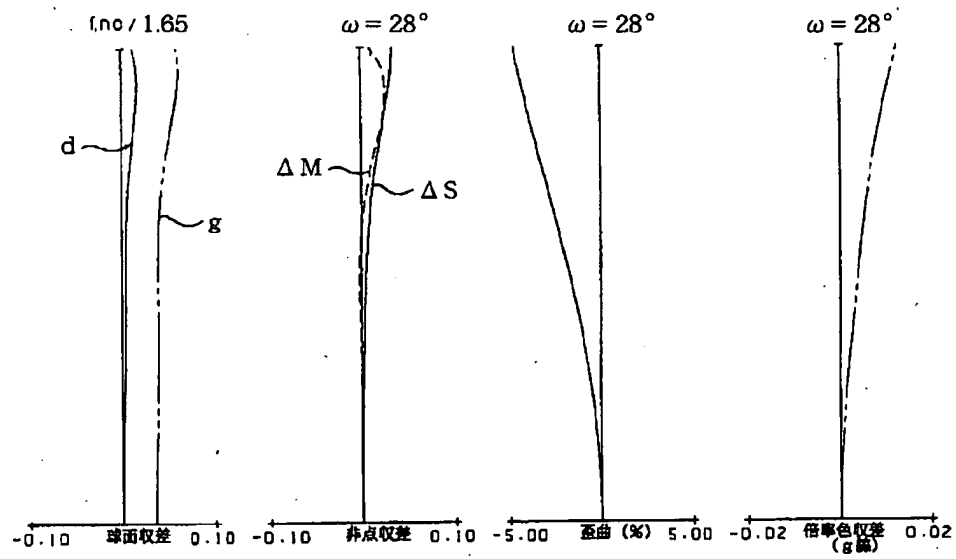
【図10】



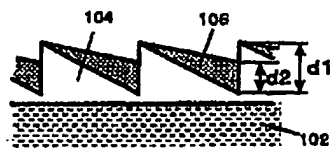
【図1】



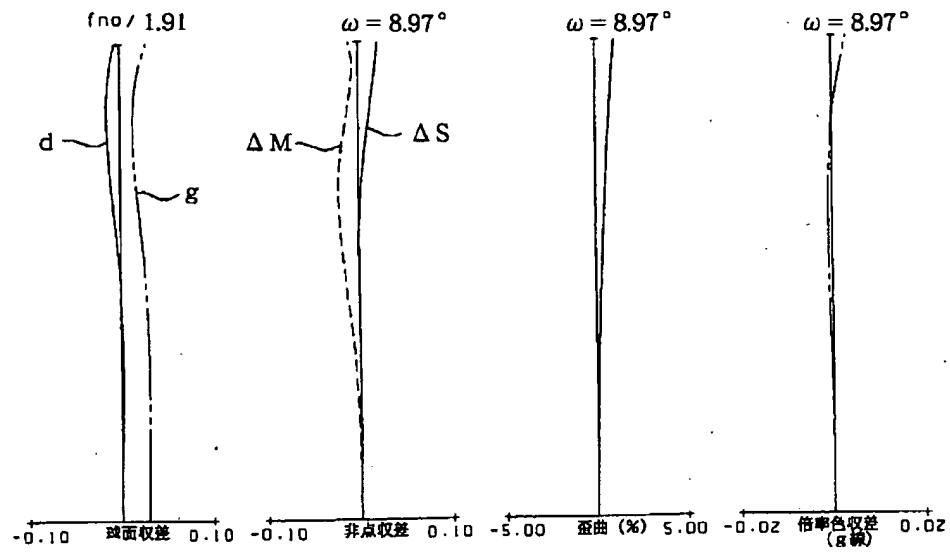
【図2】



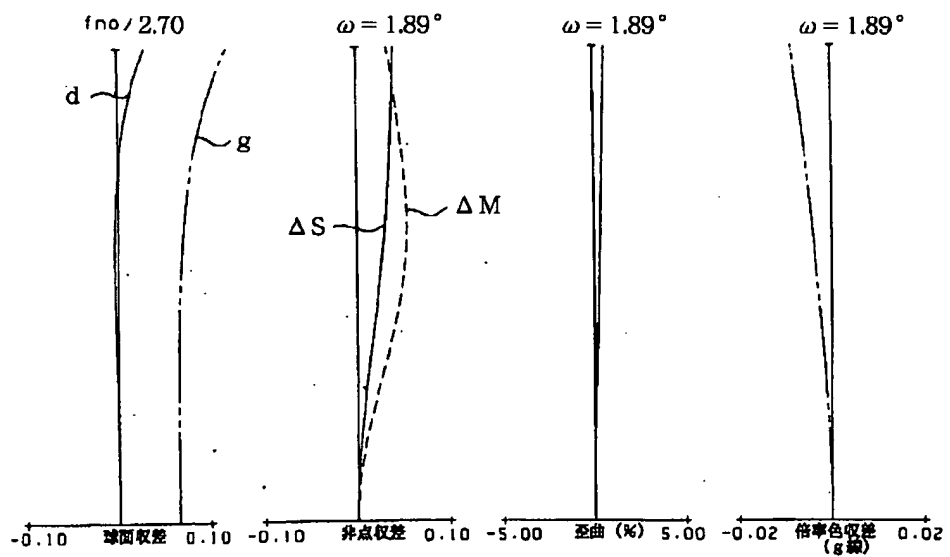
【図12】



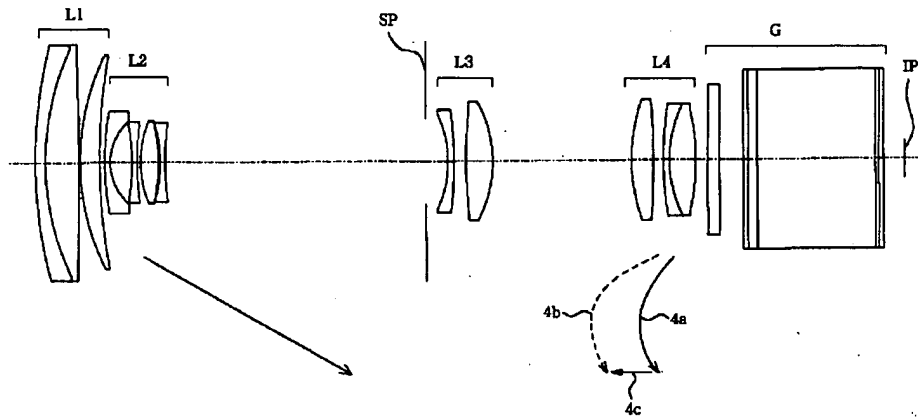
【図3】



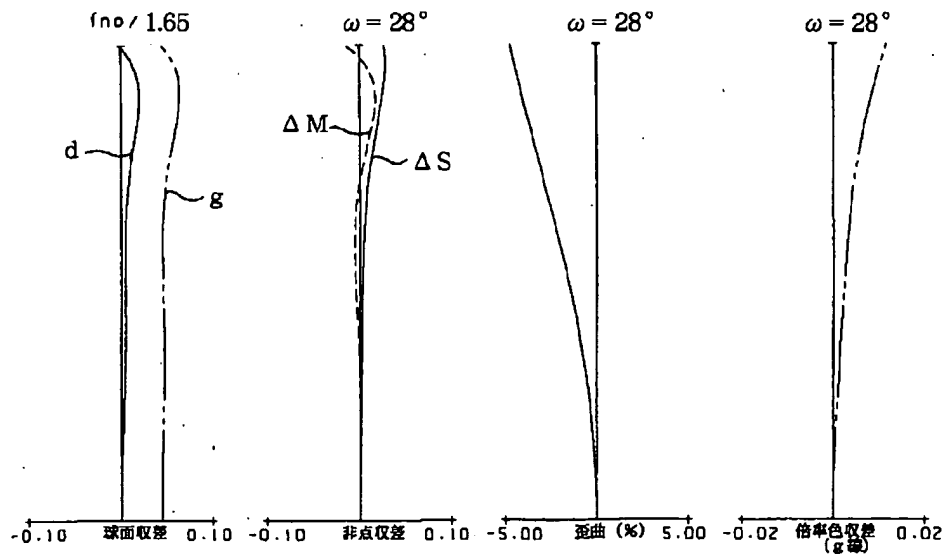
【図4】



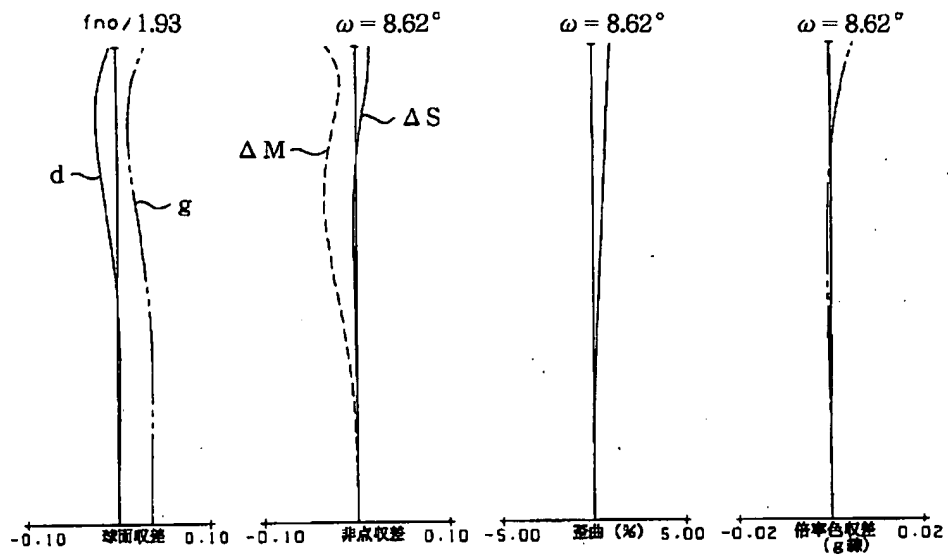
【図5】



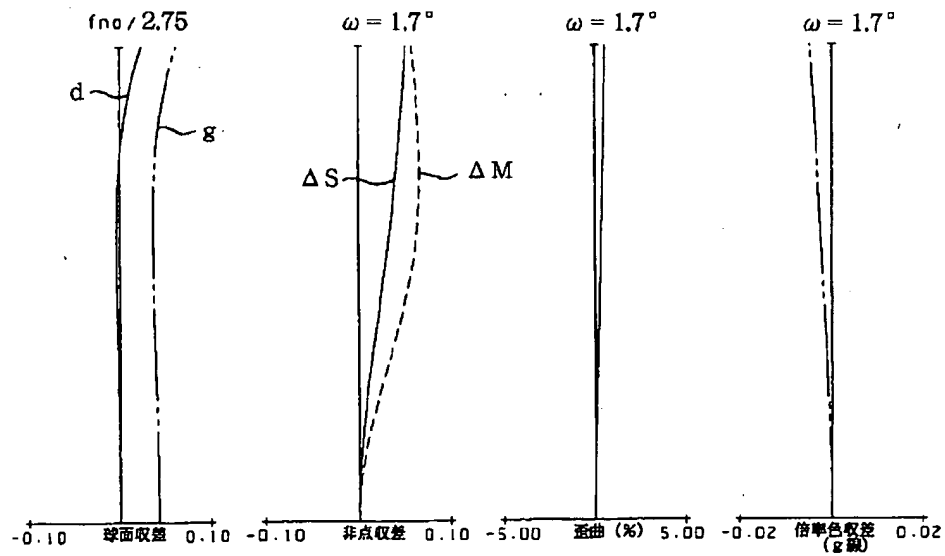
【図6】



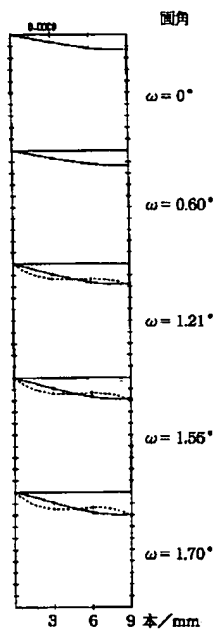
【図7】



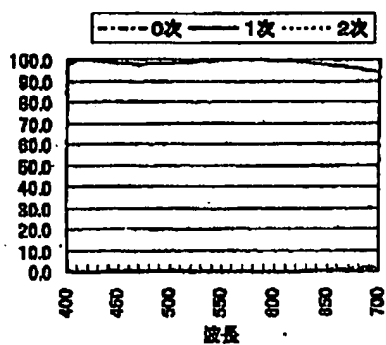
【図8】



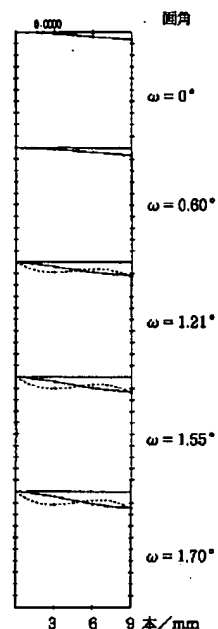
【図11】



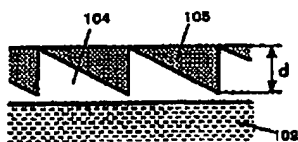
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA02 KA03 MA15 NA14 PA10
 PA19 PB12 QA02 QA07 QA17
 QA21 QA25 QA34 QA42 QA45
 RA05 RA12 RA32 RA42 RA43
 RA46 SA23 SA27 SA29 SA32
 SA63 SA65 SA72 SA74 SB04
 SB15 SB23 SB34
 9A001 KK16 KK42